

DESARROLLO DE UN MODELO DE EVALUACIÓN PARA EDIFICIOS TERMINALES: APLICACIÓN AL TERMINAL A DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL LUIS MUÑOZ MARÍN¹

José A. Silvestre², Ivette Cruzado³, Omar I. Molina⁴

Resumen: Se han desarrollado un sinnúmero de metodologías para evaluar la infraestructura de los distintos elementos y sistemas de transporte utilizados, tales como intersecciones, carreteras y sistemas de transporte público. Sin embargo, no se ha adaptado una metodología estándar para la evaluación de infraestructura de aeropuertos en Puerto Rico. En el estudio llevado a cabo, se identificaron los factores y elementos necesarios para la evaluación de la infraestructura de un edificio terminal de aeropuertos. Se desarrolló un modelo de evaluación el cual consta de pesos porcentuales asignados varios factores. Uno de los edificios terminales del aeropuerto Luis Muñoz Marín fue evaluado según el modelo desarrollado. A base de los resultados obtenidos de la evaluación realizada mediante el modelo desarrollado se determinó que el terminal A del aeropuerto se encuentra trabajando a un nivel de servicio satisfactorio (C) en la escala tradicional usada en la enseñanza. Este artículo resume parte de un estudio realizado en el cual se evalúa la infraestructura del aeropuerto Internacional Luis Muñoz Marín.

Palabras clave: edificio terminal, infraestructura de aeropuertos, nivel de servicio.

DEVELOPMENT OF AN EVALUATION MODEL FOR TERMINAL BUILDINGS: APPLICATION TO THE TERMINAL A OF THE LUIS MUÑOZ MARÍN INTERNATIONAL AIRPORT

Abstract: Several methods have been developed to evaluate the infrastructure of transportation elements and systems, such as intersections, highways, and mass transit. However, there are no standard guidelines for the evaluation of the infrastructure of airports in Puerto Rico. In the study described, the necessary elements and factors to evaluate the terminal building at an airport were identified. An evaluation tool was developed which consists in assigning weights to several factors. One of the terminal buildings at the Luis Muñoz Marín airport was evaluated according to the evaluation model. The results of the evaluation indicate that the Terminal A at this airport is currently operating at a satisfying level (C) in the traditional school format. This paper summarizes a section of a previous study in which the infrastructure of the Luis Muñoz Marín International Airport was evaluated.

Keywords: airport infrastructure, level of service, terminal building.

INTRODUCCIÓN

La infraestructura es definida como el conjunto de instalaciones y servicios necesarios para el funcionamiento de una comunidad o sociedad (ASCE, 2009a). Uno de los objetivos principales de la planificación y mantenimiento de la infraestructura es mejorar o mantener un nivel de rendimiento y/o servicio. Para lograr este propósito, es necesario evaluar los varios elementos y factores y así identificar las mejoras necesarias para mantener un nivel de servicio aceptable. La Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE, por sus siglas en inglés) se ha dado a la tarea en los

¹Artículo recibido el 6 de septiembre de 2013 y aceptado para publicación el 12 de marzo de 2015

²Estudiante de postgrado, Universidad de Puerto Rico, Recinto de Mayagüez, Departamento de Ingeniería Civil y Agrimensura, P.O. Box 9000, Mayagüez, PR 00681. E-mail: jose.silvestre@upr.edu.

³Catedrática Auxiliar, Universidad de Puerto Rico, Recinto de Mayagüez, Departamento de Ingeniería Civil y Agrimensura, P.O. Box 9000, Mayagüez, PR 00681. E-mail: omar.molina1@upr.edu.

⁴Catedrático Asociado, Universidad de Puerto Rico, Recinto de Mayagüez, Departamento de Ingeniería Civil y Agrimensura, P.O. Box 9000, Mayagüez, PR 00681. E-mail: ivette.cruzado@upr.edu.

últimos años de evaluar la infraestructura de Estados Unidos (ASCE, 2009b). Entre la infraestructura evaluada se encuentra la infraestructura de aviación la cual constantemente ha recibido una calificación no satisfactoria de “D” en la tradicional escala de evaluación de enseñanza usada en varios países. Entre los factores principales que influyen la otorgación de la nota deficiente para la infraestructura de aeropuertos se identifican el porcentaje de demora en llegadas (ASCE, 2009b).

Por motivo de un proyecto de las alianzas público-privadas (APP), un modelo fue desarrollado para evaluar el aeropuerto Luis Muñoz Marín. Entre los elementos del aeropuerto, se evaluó un edificio terminal en dicho aeropuerto. Este estudio resume los resultados de la investigación llevada a cabo.

CARACTERÍSTICAS DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL LUIS MUÑOZ MARÍN

El Aeropuerto Internacional Luis Muñoz Marín (SJU, por su identificación mundial) se encuentra ubicado en el municipio de Carolina, Puerto Rico. El aeropuerto ocupa 1,615 hectáreas (1, 076, 390 pies cuadrados) de terreno y está situado a unas 3 millas náuticas al sureste de San Juan. La ubicación del aeropuerto se muestra en la Figura 1.



Register for free at <https://www.scipedia.com> to download the version without the watermark

Figura 1: Localización del Aeropuerto Internacional Luis Muñoz Marín (Fuente: Google Maps, accedido en septiembre, 2012).

La Administración Federal de Aviación (FAA, por sus siglas en inglés) define el tamaño y la capacidad de un aeropuerto mediante un Código de Referencia de Aeropuertos (ARC, por sus siglas en inglés). La clasificación de un aeropuerto está basada en la velocidad de acercamiento de las naves, así como la longitud de las alas del avión de mayor envergadura. La clasificación del aeropuerto SJU es D-V ya que los aviones se aproximan a una velocidad entre 141 y 165 nudos y dichos aviones tienen un máximo de longitud de alas de 214 pies (65 metros).

El aeropuerto SJU actualmente está compuesto por dos pistas, las cuales están ubicadas en forma de V-abierta, una respecto a la otra. La mayoría de las instalaciones del aeropuerto se encuentran localizadas en medio de las pistas. El aeropuerto SJU está dividido en tres sectores: el sector de terminales, el sector central y el sector sur. El sector de terminales se localiza en la parte oeste del aeropuerto entre las pistas. Este está compuesto por el complejo de edificios terminales para pasajeros, las salidas de aviones, los accesos principales para automóviles, el estacionamiento, establecimientos de alquiler de autos, el hotel del aeropuerto y la Torre de Control de Tráfico Aéreo.

El aeropuerto SJU cuenta con cinco edificios terminales identificados con las letras desde la A hasta la E. La construcción de un nuevo terminal en el Aeropuerto Internacional Luis Muñoz Marín culminó en el 2004 con la terminación del Terminal A; este terminal estuvo inutilizado hasta su apertura en junio 2012. El Terminal A cuenta con 7 salidas y actualmente se llevan a cabo alrededor de 62 operaciones diarias con destino y salida de este terminal (Banuchi, 2012). El resto de los terminales cuenta con un total de 39 salidas de aviones. Debido a su reciente construcción y comienzo de operaciones, el Terminal A fue seleccionado como punto de inicio para desarrollar técnicas de evaluación de la infraestructura operacional del aeropuerto SJU.

METODOLOGÍA Y DESARROLLO DEL MODELO DE EVALUACIÓN

El área del edificio terminal se divide en tres componentes. El primer componente es la fase de acceso al terminal, ya sea desde el estacionamiento o área designada para desalojo o espera de pasajeros cerca del terminal. El segundo componente agrupa los procesos por los que deben pasar los pasajeros preparándose para partir de la ciudad origen, haciendo conexión o llegando a su destino final. El tercer componente es la fase de acceso al avión antes del abordaje (Vásquez y Cruzado, 2011).

El primer componente del edificio terminal incluye las instalaciones de estacionamiento así como las áreas de recogido y desalojo de pasajeros. En este proceso se evalúa el área de estacionamiento y el acceso directo al terminal mediante las áreas de espera y desalojo, así como las instalaciones peatonales desde y hacia el estacionamiento. La evaluación se lleva a cabo teniendo en cuenta la distancia que deben caminar los pasajeros, las carreteras que deben cruzar durante el trayecto y el espacio disponible para movilizarse hacia y desde el terminal.

El segundo componente abarca todas las actividades llevadas a cabo para el procesamiento de pasajeros dentro del terminal. Esto considera dos tipos de pasajeros: aquellos que llegan al aeropuerto para abordar un avión y pasajeros cuyo destino final es el aeropuerto siendo evaluado. El procesamiento de pasajeros incluye: el registro de pasajeros, entrega de equipaje, revisión de seguridad, revisión de inmigración y recogido de equipaje. Los tiempos de espera obtenidos para estos procesos son comparados con los tiempos suministrados para distintos niveles de servicio desarrollados por el Programa de Investigación Cooperativa en Aeropuertos (ACRP, por sus siglas en inglés) y el Programa de Investigación Cooperativa en Sistemas de Transporte Colectivo (TCRP, por sus siglas en inglés).

Register for free at <https://www.scipedia.com> to download the version without the watermark

El tercer componente del edificio terminal incluye las instalaciones de acceso al avión, desde que se desembarca de un vuelo de conexión a otro, o desde que se desembarca luego de la llegada al destino final. Los espacios para el flujo de pasajeros, espacios de espera, y asientos disponibles por cada salida son calificados en base a los requerimientos de la FAA.

El modelo desarrollado es a base de pesos porcentuales para cada uno de los componentes discutidos anteriormente y los factores que afectan cada uno; a cada una de las áreas principales se le asignó un porcentaje el cual es representativo del nivel de importancia que tiene el área en la infraestructura operacional del aeropuerto SJU. La selección de estos porcentajes fue basado en entrevistas a los ingenieros del aeropuerto Luis Muñoz Marín. La Tabla 1 muestra los porcentajes asignados a cada área, categoría y factor evaluado.

El elemento de edificio terminal de un aeropuerto consta de tres categorías cuyos pesos porcentuales suman 100%. A su vez, cada categoría está compuesta de varios factores a los cuales también se le asignan pesos porcentuales los cuales suman a 100%. Al momento de realizar la evaluación, a cada factor se le asigna una puntuación de cero a cinco; cinco indicando un nivel de excelencia y cero indicando una deficiencia en su totalidad. El proceso se repite para todas las categorías determinando así una calificación en la escala tradicional de educación. Es importante indicar que la asignación de pesos porcentuales presentados en la Tabla 1 no se debería considerar como una norma. Se recomienda que ingenieros de aeropuertos y otros profesionales de la aviación determinen la importancia de cada categoría y recomienden los pesos porcentuales de las mismas según su juicio ingenieril.

Tabla 1: Modelo desarrollado para la evaluación de infraestructura de aeropuertos.

Pesos porcentuales	Categoría	Factor
Fase de acceso al terminal	30%	
a) Estacionamiento		45%
b) Área de desalojo y recogido de pasajeros		35%
c) Instalaciones peatonales		20%
Fase de procesamiento de pasajeros	45%	
a) Registro de pasajeros (con empleado)		20%
b) Auto-registros de pasajeros (en máquinas)		10%
c) Entrega de equipaje		20%
d) Revisión de seguridad		25%
e) Revisión de inmigración		15%
f) Recogido de maletas		10%
Fase de acceso al avión	25%	
a) Número de asientos y Área por salida		40%
b) Espacio para filas y flujo de pasajeros		35%
c) Ubicación de pantallas de información		25%

EVALUACIÓN DEL EDIFICIO TERMINAL A EN EL AEROPUERTO SJU

Según el modelo desarrollado, la evaluación de un edificio terminal es influenciada por tres fases: acceso al edificio terminal, procesamiento de pasajeros y acceso a la aeronave.

Fase de acceso al terminal

El acceso al edificio terminal implica que las instalaciones para abordar lleguen a este destino del terminal, en ciertos criterios de accesibilidad, comodidad y espacio. Los espacios de estacionamiento, áreas de desalojo y recogido de pasajeros y las instalaciones peatonales en aeropuertos requieren detalles especiales distintos a los requeridos para otras infraestructuras.

Estacionamiento para pasajeros

Para evaluar el estacionamiento del aeropuerto SJU se tomaron en consideración las recomendaciones provistas en las guías de diseño de la FAA (1988). Según estas guías, el aeropuerto debe contar con aproximadamente 5,000 estacionamientos de los cuales 1,500 deben ser para estacionamiento a corto plazo y el restante (3,500 espacios) para estacionamiento a largo plazo. El aeropuerto SJU cuenta con un estacionamiento multinivel y un lote adyacente; el número de estacionamientos para pasajeros y visitantes es de 2,729 espacios mientras que el resto es designado para empleados y taxis (Desman Associates, 2012). Los estacionamientos disponibles proveen espacios de corto y largo plazo sin distinción de los espacios dedicados a cada propósito. Aunque el aeropuerto SJU no cumple con las recomendaciones de espacios de estacionamientos de la FAA, este no muestra, de forma observable, una necesidad de espacios de estacionamiento adicionales. Es por esta razón que las recomendaciones realizadas por la FAA estipulan que cada aeropuerto tiene necesidades distintas de estacionamientos y por lo tanto debe ser evaluado para las condiciones de cada aeropuerto en particular. La diferencia marcada entre la cantidad de estacionamientos recomendados por la FAA y la necesidad real de estacionamientos en el aeropuerto SJU puede deberse a la poca necesidad de estacionamientos a largo plazo en este aeropuerto. Debido a esta discrepancia, se penaliza por un punto por ofrecer sólo un 52% de la cantidad de espacios de estacionamiento para pasajeros recomendada y por 1 punto por no cumplir ni dividir los espacios de estacionamiento a corto y largo plazo. La puntuación de este elemento de la evaluación del terminal es tres puntos de un máximo de cinco puntos.

Áreas de desalojo y recogido de pasajeros

El diseño y mantenimiento efectivo de áreas de desalojo y recogido de pasajeros frente a cada terminal es de suma importancia para lograr un flujo eficiente y seguro de los vehículos que transitan y utilizan esta vía. La carretera de acceso al terminal debe ofrecer el espacio y el número de carriles recomendados para satisfacer la demanda de vehículos esperada, incluyendo el estacionamiento momentáneo de vehículos en el carril (o los carriles) próximo a la entrada del terminal. Además, el terminal debe proveer el encintado necesario para acomodar la cantidad de pasajeros utilizando la entrada del terminal en los periodos pico del día de mayor demanda.

Para lograr un nivel de servicio satisfactorio en el conjunto de estos elementos la FAA provee dimensiones mínimas y recomendadas para cada uno de estos elementos en la parte delantera del edificio terminal (1988). La Tabla 2 muestra las dimensiones recomendadas junto con las dimensiones medidas en el Terminal A del aeropuerto SJU.

Tabla 2: Dimensiones recomendadas por la FAA para el encintado frente al terminal y medidas en el Terminal A del aeropuerto SJU.

Elemento	Dimensiones de Encintado frente al terminal	
	Recomendadas por la FAA	Terminal A (SJU)
1. Espacio entre Puertas de Acceso (pies)	100 -120 máximo	< 100
2. Acera frente a las Puertas (pies)	12 mínimo	55
3. Número de Carriles	No menos de 4	4

Basado en el cumplimiento de las recomendaciones de la FAA en los elementos evaluados, se otorga el máximo de 5 puntos al aeropuerto SJU en esta evaluación.

Instalaciones peatonales

Las instalaciones peatonales de acceso a un terminal tienen un impacto significativo en la percepción de nivel de servicio de los pasajeros. Para determinar el nivel de servicio que brinda la trayectoria designada para el paso peatonal desde el estacionamiento multinivel hasta el Terminal A se evaluaron las dimensiones de las aceras y cruces peatonales a lo largo del trayecto y se compararon con las recomendaciones de las guías desarrolladas por la ACRP (2010).

El acceso peatonal al Terminal A desde el estacionamiento multinivel del aeropuerto SJU incorpora recomendaciones del FAA como lo son los cruces de peatones a desnivel, marcado de pavimento para peatones y puente peatonal de acceso a los terminales. Sin embargo, el trayecto al Terminal A desde el estacionamiento conlleva una caminata de aproximadamente 1300 pies (400 metros) lo cual excede el máximo de 1000 pies (305 metros) recomendados (ACRP, 2010). Además, la acera desde el Terminal B al Terminal A tiene un ancho menor de los 12 pies (3.6 metros) recomendados para el paso de dos pasajeros simultáneamente con un tramo crítico de 5 pies (1.5 metros) de ancho. Por esta razón se otorga un total de 3 puntos de un máximo de 5 en la evaluación de las instalaciones peatonales.

Fase de procesamiento de pasajeros

La fase de procesamiento de pasajeros según el modelo de evaluación desarrollado, se compone de seis factores. Dicha parte de la evaluación se dividió en dos partes: la primera parte considera el tiempo de procesamiento (incluyendo largo de fila y utilización de los recursos) y la segunda parte considera las dimensiones del área asignada donde ocurre el proceso. El Terminal A en el aeropuerto SJU cuenta con todos los procesos excepto por el proceso de inmigración, el cual se está realizando actualmente en el Terminal C. Por esta razón se penaliza el edificio terminal con la totalidad de los puntos otorgados a este factor.

Tiempos de procesamiento de pasajeros

El procesamiento de pasajeros incluye el tiempo de espera (antes del proceso), el tiempo de servicio (durante el proceso), la utilización de los recursos y el largo de fila. A cada uno de estos elementos se le puede asignar un máximo de un punto en el modelo de evaluación desarrollado; el último punto (para un máximo de 5 puntos por factor) se asigna basado en las dimensiones del área (sección Dimensiones para el procesamiento de pasajeros).

Para poder evaluar los tiempos de los varios procesos (tiempo de espera y tiempo de servicio) se utilizó como base una escala de nivel de servicio desarrollada por la ACRP (2011). La Tabla 3 muestra el nivel de servicio para los tiempos de espera (en minutos) y la puntuación a ser asignada de acuerdo al nivel de servicio.

Tabla 3: Nivel de servicio del tiempo promedio de espera en procesos de pasajeros.

Tiempo de espera (min)	Nivel de servicio	Puntuación a ser otorgada	Descripción
≤ 5	A	1.0	Excelente
> 5 y ≤ 10	B	0.80	Bueno
> 10 y ≤ 20	C	0.60	Satisfactorio
> 20 y ≤ 30	D	0.35	Pobre
> 30	F	0.0	Deficiente

La evaluación del Terminal A del aeropuerto SJU a base de tiempos del procesamiento de pasajeros se llevó a cabo mediante el desarrollo de una simulación de cada proceso independiente, excluyendo el proceso de reclamo de equipaje. Luego de verificar y validar los modelos de simulación desarrollados, se crearon proyecciones en base a la demanda esperada de pasajeros en temporada alta. A estas proyecciones se le añadió el proceso de reclamo de equipaje; este muestra un sistema de llegadas y servicio de pasajeros distinto al de los otros procesos, por lo que se decidió evaluar verificando que el proceso cumpliera con el tiempo de servicio estimado por la aerolínea a cargo del vuelo. La Tabla 4 muestra los tiempos de espera para cada proceso junto al nivel de servicio y asignación de puntos otorgado basado en la escala desarrollada (Tabla 3). Se puede observar de la Tabla 4 que todos los procesos muestran un nivel de servicio entre excelente y bueno excepto el proceso de revisión de seguridad el cual muestra un nivel de

Register for free at <https://www.scipedia.com> to download the version without the watermark

Tabla 4: Nivel de servicio y puntuación asignada al tiempo de espera para cada proceso evaluado para la demanda estimada en temporada alta.

Proceso	Tiempo promedio de espera (min)	Nivel de servicio	Puntuación otorgada
Registro con empleado	8.1	B	0.8
Auto-registro	0.4	A	1.0
Entrega de equipaje	4.9	A	1.0
Revisión de seguridad	12.0	C	0.6

El tiempo de procesamiento se evaluó utilizando el tiempo promedio de servicio calculado mediante los datos recolectados. Se consideró que los pasajeros perciben un nivel de servicio similar para el tiempo de espera y tiempo de servicio por lo que la evaluación de este tiempo se llevó a cabo utilizando la escala de nivel de servicio desarrollada (Tabla 4). La Tabla 5 muestra el tiempo promedio de servicio para cada proceso junto con el nivel de servicio y puntuación obtenida para el Terminal A del aeropuerto SJU; el tiempo promedio para los cuatro procesos evaluados fue menor de 5 minutos, por lo que cada proceso se considera en nivel de servicio excelente.

Tabla 5: Nivel de servicio y puntuación asignada al tiempo promedio de servicio obtenido para los datos recolectados.

Proceso	Tiempo promedio de servicio (min)	Nivel de servicio	Puntuación otorgada
Registro con empleado	2.10	A	1.0
Auto-registro	2.15	A	1.0
Entrega de equipaje	1.79	A	1.0
Revisión de seguridad	3.92	A	1.0

El próximo punto a evaluar es el porcentaje de utilización de los recursos en los procesos de pasajeros en el terminal. Este se evalúa utilizando la escala porcentual de evaluación estándar de educación y la misma distribución de puntos mostrada en la Tabla 3. La Tabla 6 muestra el porcentaje de utilización promedio para cada proceso, junto al nivel de servicio y la puntuación asignada. Los resultados muestran un porcentaje de utilización elevado para todos los procesos excepto el proceso de registro de pasajeros en quioscos ya que este proceso no es utilizado con tanta frecuencia.

Tabla 6: Nivel de servicio y puntuación asignada al porcentaje de utilización promedio para cada proceso evaluado para la demanda estimada en temporada alta.

Proceso	Porcentaje de utilización promedio	Nivel de servicio	Puntuación
Registro con empleado	95.1%	A	1.0
Auto-registro	73.4%	C	0.6
Entrega de equipaje	86.6%	B	0.8
Revisión de seguridad	92.3%	A	1.0

El último factor evaluado mediante la proyección simulada de los procesos dentro del terminal es el largo de fila en cada uno de estos. Este factor es evaluado en base a la capacidad máxima de pasajeros y el número de pasajeros que se observa durante la temporada alta. Si el número de pasajeros sobrepasa la capacidad, se le asigna cero puntos, de lo contrario se le asigna el máximo (un punto). La Tabla 7 muestra la capacidad máxima de pasajeros en fila estimada, el número máximo promedio de pasajeros en fila obtenido mediante la proyección simulada de la demanda en temporada alta y la puntuación obtenida para cada proceso.

Tabla 7: Nivel de servicio y puntuación asignada al largo de fila promedio para cada proceso evaluado para la demanda estimada en temporada alta.

Proceso	Capacidad máxima de pasajeros en fila	Número máximo promedio de pasajeros en fila (simulación)	Puntuación otorgada
Registro con empleado	50	82.3	0
Auto-registro	N/A	N/A	1
Entrega de equipaje	50	45.5	1
Revisión de seguridad	82	144.1	0

El largo de fila para los procesos de registro con empleado y seguridad sobrepasan la capacidad por lo que se le asigna 0 puntos a ambos procesos. El proceso de entrega de equipaje no experimenta problemas de capacidad de largo de fila por lo que se le asigna un punto. Para el proceso de auto-registro no se delimita un espacio para fila; el espacio para fila en auto-registro se evaluó tomando en consideración los 8 pies (2.4 metros) que recomienda la ACRP alrededor de la máquina o el grupo de máquinas. Ambos grupos de 6 máquinas contienen un perímetro con radio mayor a 8 pies (2.4 metros) por lo que se le otorga el máximo (un punto). La evaluación del proceso de

reclamo de equipaje sigue una distribución de tiempo de espera y tiempo de servicio diferente a los procesos analizados anteriormente. Por tal razón no se desarrolló un modelo de simulación para este proceso. El proceso de reclamo de equipaje fue evaluado tomando en consideración el tiempo máximo de entrega de equipaje estimado por la aerolínea que utiliza el Terminal A; este tiempo es de 25 minutos. Se tomaron los datos de este tiempo para varias entregas de equipaje y se pudo observar que el tiempo de entrega (o tiempo de espera de entrega de equipaje) fue menor de 25 minutos, por lo que se le otorgó la totalidad de los puntos (4 puntos) a este factor. La Tabla 8 resume la otorgación de puntos asignados a cada uno de los factores considerados a base de tiempos de procesamiento (primera parte); la máxima puntuación que se puede otorgar durante esta primera parte es de cuatro puntos.

Tabla 8: Resumen de puntuaciones otorgadas a los factores de la fase de procesamiento de pasajeros (primera parte).

Proceso	Tiempo de espera	Tiempo de servicio	Porcentaje de utilización	Largo de fila	Total (máximo=4)
Registro con empleado	0.8	1.0	1.0	0.0	2.8
Auto-registro	1.0	1.0	0.6	1.0	3.6
Entrega de equipaje	1.0	1.0	0.8	1.0	3.8
Revisión de seguridad	0.6	1.0	1.0	0.0	2.6
Reclamo de equipaje	4.0	-	-	-	4.0

Dimensiones para el procesamiento de pasajeros

La segunda parte de la evaluación de la fase de procesamiento tomó en cuenta las dimensiones de los espacios en los procesos del terminal. A este factor (dimensiones) se le asigna una puntuación de 1 del total de 5 que contiene la evaluación de cada proceso, según mencionado anteriormente. Las dimensiones medidas en el Terminal A del aeropuerto SJU se compararon con las dimensiones recomendadas por las guías de diseño de terminales de la ACRP (2011).

Para el proceso de auto-registro (utilizando las máquinas), la ACRP recomienda un espacio de 8 pies (2.4 metros) entre máquinas de auto-registro. En el Terminal A se cumple con esta recomendación, ya que el espacio entre quioscos y este es cumplido en el Terminal A ofreciendo un espacio de 54 pies (16.5 metros) entre dos filas de 6 máquinas de auto-registro. A este factor se le asigna la puntuación máxima de 1 punto.

Los procesos de registro de pasajeros con empleado, entrega de equipaje y revisión de seguridad muestran espacios para fila similares por lo que la ACRP recomienda seguir las mismas recomendaciones de espacio para estos procesos. En la Tabla 9 se muestran las dimensiones mínimas y recomendadas para cada uno de los espacios evaluados para los procesos mencionados.

Tabla 9: Dimensiones recomendadas por la ACRP y dimensiones medidas para los procesos en el Terminal A del aeropuerto SJU.

Espacio	Dimensiones ACRP (pies)		Dimensiones SJU (pies)		
	Mínimo	Recomendado	Registro - empleado	Entrega equipaje	Revisión equipaje
Mostrador a fila	8	10	11.3	11.3	N/A
Serpentina	15-25	15-25	24.7	30.4	44.4
Ancho de segmento recto en serpentina	4.5-5	4.5-5	4.5	4.9	5.1
Ancho de viraje en serpentina	5	5	4.5	4.1	2.5
Ancho de área de procesamiento	22	22-29	N/A	N/A	22.5

Según la Tabla 9, el Terminal A sigue con todas las recomendaciones provistas por la ACRP para los procesos de registro con empleado y entrega y revisión de equipaje, excepto el ancho de viraje en la serpentina. Debido a que cada proceso considerado tiene cuatro espacios a ser evaluados, la infracción por no cumplir con las recomendaciones de la ACRP es de 0.25 (el máximo de un punto dividido entre cuatro). Siguiendo esta distribución se muestra la puntuación obtenida por cada proceso en la Tabla 10.

Tabla 10: Puntuación obtenida para los espacios de los procesos de registro con empleado, entrega de equipaje y revisión de seguridad.

Espacio	Registro con empleado	Entrega de equipaje	Revisión de seguridad
Mostrador a fila	0.25	0.25	N/A
Serpentina	0.25	0.25	0.25
Ancho de segmento recto en serpentina	0.25	0.25	0.25
Ancho de viraje en serpentina	0	0	0
Ancho de área de procesamiento	N/A	N/A	0.25
Total	0.75	0.75	0.75

Por último, la ACRP recomienda dimensiones mínimas para el proceso de reclamo de equipaje las cuales incluye el espacio alrededor de la correa y dimensiones de la correa en sí. Además, se recomienda una razón máxima de 1.5 pies (0.5 metros) de largo por 1 pie (0.3 metros) de ancho (2011). La Figura 2 muestra las dimensiones mínimas recomendadas por la ACRP.



Figura 2: Dimensiones recomendadas para el sistema de reclamo de equipaje utilizado en el Terminal A del aeropuerto SJU (ACRP, 2010).

El Terminal A del aeropuerto SJU cuenta con cuatro correas. Todas las correas muestran las mismas dimensiones para los espacios disponibles. La única diferencia entre las correas es la razón de largo y ancho. Las correas 1 y 4 tienen medidas de 65 pies (20 metros) de largo por 29.3 pies (8.9 metros) de ancho (razón 2.2) mientras que las correas 2 y 3 tienen medidas de 50.8 pies (15.5 metros) de largo por 29.3 pies (8.9 metros) de ancho (razón 1.7). La Tabla 11 muestra la comparación entre las dimensiones recomendadas por la ACRP y las existentes en las cuatro correas del Terminal A así como la puntuación otorgada para este factor. Debido a que son cinco dimensiones a evaluar, el máximo para cada espacio considerado es 0.2 (un punto dividido entre cinco).

La Tabla 12 muestra el resumen de la asignación de puntos otorgados a la fase del procesamiento de pasajeros en base a las dimensiones recomendadas; también se muestra los puntos otorgados en la primera parte (tiempo de procesamiento) y el total de los puntos para cada factor a ser utilizados en el modelo de evaluación desarrollado en este estudio.

Tabla 11: Puntuación otorgada a las dimensiones para reclamo de equipaje.

Espacio	Recomendadas (pies)	Provistas (pies)	Puntuación
Radio mínimo alrededor de la correa - un extremo	15	17.1	0.2
Radio mínimo alrededor de la correa - otro extremo	15	12.3	0
Diámetro mínimo en la curva de la correa	10	11.3	0.2
Distancia mínima (interior) entre los extremos	30	24.5	0
Razón máxima largo por ancho	1.5	2.2, 1.7	0
Total			0.4

Tabla 12: Resumen de puntuaciones otorgadas a la fase de procesamiento de pasajeros.

Proceso	Tiempos (máximo = 4)	Dimensiones (máximo = 1)	Totales (máximo = 5)
Registro con empleado	2.8	0.75	3.55
Auto-Registro	3.6	1.0	4.6
Entrega de equipaje	3.8	0.75	4.55
Revisión de seguridad	2.6	0.75	3.35
Reclamo de equipaje	4.0	0.4	4.4

Fase de acceso al vuelo

En la fase de acceso al vuelo se evalúan tres factores: (1) el número de asientos y el área por salida antes de abordar el avión, (2) el espacio para filas y para el flujo de pasajeros, y (3) la ubicación de las pantallas de información.

Número de asientos y área por salida

Register for free at <https://www.scipedia.com> to download the version without the watermark

El número de asientos y área de espera del que debe disponer una salida en un terminal depende del número de pasajeros que pueda acomodar el avión de mayor capacidad que utilice regularmente la salida (Vásquez y Cruzado, 2011). Una recomendación es que el área de espera debe acomodar el 90% del número de pasajeros a abordar el avión. Es necesario que cada salida disponga de asientos para los pasajeros, aunque no es necesario ofrecer asientos para todos estos pasajeros. La administración del aeropuerto o la aerolínea debe tomar la decisión de la cantidad de asientos que se ofrecerá para luego determinar el espacio necesario para los pasajeros que se estima esperarán de pie. Otro estimado es que se debe proveer de 10 a 15 pies cuadrados (0.9 a 1.4 metros cuadrados) por pasajero que vaya a abordar el avión.

Tabla 13: Área de espera para pasajeros antes de abordar.

Salida	Avión de mayor capacidad	90% de pasajeros	Número de asientos disponibles	Área de espera disponible (pies x pies)
1	A320	135	160	55 x 106
2	A320	135	160	55 x 106
3	A320	135	124	48 x 53
4	A320	135	156	48 x 47
5	A320	135	160	48 x 47
6	A320	135	156	49 x 49
7	E90	90	112	30 x 74

Las salidas del Terminal A del aeropuerto SJU son utilizadas por aviones tipo Airbus 320 (A320) y Embraer 190 (E90) con capacidades de 150 y 100 pasajeros, respectivamente. En la Tabla 13 se muestra la nave de mayor capacidad que utiliza la salida, el número de asientos y el área disponible para espera por cada salida.

El número de asientos por salida es mayor que el 90% de la capacidad de pasajeros del avión que utiliza la salida, excepto por la salida 3. De acuerdo a los cálculos, 22 pasajeros tienen que esperar; de otorgarle de 10 a 15 pies cuadrados (0.9 a 1.4 metros cuadrados) a cada uno de estos pasajeros, el área de espera para la salida 3 debería tener entre 220 y 330 pies cuadrados (20 y 30 metros cuadrados) para estos pasajeros. De la Tabla 13 se puede observar que el área de espera es de más de 2,000 pies cuadrados (186 metros cuadrados), por lo que permite dar cabida a los pasajeros que no encuentren un asiento disponible. Las salidas cumplen con las recomendaciones de asientos y espacio necesarios para acomodar los pasajeros antes de la salida del vuelo. Se otorga el máximo de 5 puntos a la evaluación de este factor.

Espacio para filas y flujo de pasajeros

El espacio necesario para realizar las filas de entrada al avión y permitir el flujo cómodo y sin obstrucciones a los pasajeros es evaluado mediante las dimensiones recomendadas por la FAA (1988). Los espacios recomendados por la FAA para diferentes elementos y los espacios medidos en el Terminal A del aeropuerto SJU se muestran en la Tabla 15.

Tabla 14: Dimensiones recomendadas para salidas de aviones en terminales y dimensiones medidas en el Terminal A del aeropuerto SJU.

Distancia	Recomendación	Puerta / Salida – Aeropuerto SJU						
		1	2	3	4	5	6	7
Puerta a final de área de espera	30	61.5	61.5	47.8	48.2	48.5	48.3	37.5
Ancho de puerta para abordar	6	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
Puerta a mostrador	8	15	15	7	8.8	7.8	8.9	10.7
Mostrador a pasillo	15	47.5	47.5	12	41.3	41.3	39.7	24.5
Ancho pasillo disponible para flujo	20	24.6	24.6	25	29.3	25	24.3	23.7

*Todas las dimensiones se encuentran en pies.

Como se puede observar de la Tabla 14, el ancho de puerta para abordar el avión no cumple con el recomendado por la FAA para ninguna de las siete salidas del Terminal A. Además, la distancia de la puerta al mostrador en las salidas 3 y 5 tampoco cumplen con la distancia de 8 pies (2.4 metros) recomendada así como la distancia del mostrador al pasillo de la salida 3. Para llevar a cabo la evaluación de este factor, se le asigna un punto a cada una de las cinco distancias mostradas en la Tabla 14; de cumplir con las distancias recomendadas, se le asigna el total de 1 punto a cada distancia; de lo contrario se penaliza a base de la proporción de salidas que no cumplan con este factor. En base a esto, el aeropuerto de SJU recibe una puntuación de 3.6 del máximo de 5 puntos para cada factor evaluado.

Ubicación de pantallas informativas

La ubicación de las pantallas de información sin el espacio necesario para permitir el flujo de personas puede ocasionar que los pasajeros, o cualquier persona interesada en información, obstruyan el paso de otros pasajeros circulando, afectando así la operación del terminal. En el Terminal A del aeropuerto SJU esto sucede sólo con una pantalla de información, la cual está ubicada en el pasillo que da acceso a las salidas 1 y 2 del este terminal. El pasillo tiene un ancho de 14.5 pies (4.4 metros) frente a la pantalla informativa por donde tienen que transitar pasajeros, empleados y vehículos pequeños para transportar a pasajeros que deseen dirigirse al Terminal B. Uno o

varios pasajeros estacionados, observando la pantalla de información, ocasionan que el flujo de pasajeros se afecte y el vehículo tenga que detenerse a esperar que despejen el área. Por la localización de esta pantalla informativa se penaliza a este factor con un punto. La evaluación de la ubicación de las pantallas informativas obtiene 4 puntos del máximo de 5.

EVALUACIÓN FINAL, RESUMEN Y RECOMENDACIONES

El Terminal A del aeropuerto Luis Muñoz Marín fue evaluado satisfactoriamente utilizando el modelo desarrollado. La Tabla 15 muestra los resultados de la evaluación por cada categoría y factor considerado en este estudio. El terminal mostró ciertas deficiencias en distintos puntos durante su evaluación mediante el modelo desarrollado en esta investigación. Algunas de estas deficiencias pueden ser mejoradas para brindar una mejor calidad del servicio en dicho terminal.

Tabla 15: Resultados de la evaluación del Terminal A del aeropuerto SJU.

Área de Evaluación	Puntos	Factores Peso	Categoría Peso
Fase de acceso al terminal			
b) Estacionamiento para pasajeros	3/5	21/35	
a) Área de desalojo y recogido de pasajeros	5/5	45/45	
c) Instalaciones peatonales	3/5	12/20	
<i>Total</i>		78/100	23.4/30
Fase de procesamiento de pasajeros			
a) Registro completo de pasajeros	3.55/5	14.2/20	
b) Auto-registro de pasajeros en quioscos	4.6/5	9.2/10	
c) Entrega de equipaje	4.55/5	18.2/20	
d) Revisión de seguridad	3.35/5	16.8/25	
e) Revisión de Inmigración	0/5	0/15	
f) Reclamo de equipaje	4.4/5	8.8/10	
<i>Total</i>		67.2/100	30.2/45
Fase de acceso al avión			
a) Número de asientos y área por salida	5/5	40/40	
b) Espacio para filas y flujo de pasajeros	3.6/5	25.2/35	
c) Ubicación de pantallas informativas	4/5	20/25	
<i>Total</i>		85.2/100	21.3/25
EVALUACIÓN DEL EDIFICIO TERMINAL A (nota final)			74.9%

El Terminal A muestra contar con un diseño de áreas de desalojo y recogido de pasajeros de acuerdo con las especificaciones y guías utilizadas (FAA, 1988; ACRP, 2010 y 2011). Además, el número de asientos y área de espera en cada salida del terminal es suficiente para acomodar a los pasajeros antes de abordar su vuelo.

Al considerar el estacionamiento para pasajeros, el aeropuerto contiene un número de estacionamientos 49% por debajo del número de estacionamientos necesarios para el número de pasajeros que abordaron en el año fiscal 2011, según la metodología desarrollada por la FAA. Las instalaciones peatonales desde el estacionamiento hasta el Terminal A carecen del ancho de acera recomendado por las guías de la ACRP. Además, los pasajeros deben caminar más del máximo permitido de 1,000 pies (305 metros) para lograr llegar a dicho terminal.

Los procesos evaluados en la fase de procesamiento de pasajeros muestran penalidades por tiempo de espera, largo de fila y dimensiones. La simulación de los procesos en temporada de alta demanda arrojó tiempos de espera altos para el registro de pasajeros con empleados y el proceso de revisión de seguridad. Estos procesos igualmente fueron penalizados por obtener largos de fila mayores al largo máximo de fila estimado y no cumplir con varias

dimensiones recomendadas por la FAA. Los demás procesos reflejaron mayormente problemas en las dimensiones medidas por lo que fueron debidamente penalizados. De igual manera, la fase de acceso al avión mostró deficiencias en los espacios provistos para filas y flujo de pasajeros en las salidas al igual que en la ubicación de una de las pantallas informativas.

El terminal obtiene una calificación de aproximadamente 75% del total de los puntos evaluados en el modelo desarrollado. Esto representa una calificación de “C” en la escala estándar usada en educación, lo cual se define como un nivel de servicio satisfactorio. Este nivel de servicio es uno deseable para cualquier terminal en un aeropuerto. Las deficiencias halladas por esta evaluación en el Terminal A pueden ser mejoradas a bajo costo. Para esto es necesario llevar a cabo proyectos de mejora para los puntos que más impacten la operación del mismo.

Es importante destacar que la asignación de los porcentajes a cada una de las áreas evaluadas puede ser catalogada de forma subjetiva. La selección de dichos valores no debe considerarse la norma a la regla; es necesario realizar estudios adicionales con el propósito de validar los valores inicialmente recomendados en este estudio. Se recomienda que futuros estudios realicen un análisis de sensibilidad para así determinar si los resultados de la evaluación cambian con la asignación de otros pesos. De la misma manera, este estudio fue realizado enfocándose en el aeropuerto internacional Luis Muñoz Marín localizado en Puerto Rico como parte de un proyecto de investigación. Futuros estudios podrían basarse en los resultados de esta investigación y aplicarlos a otros aeropuertos.

AGRADECIMIENTOS

Los investigadores desean agradecer a los agentes que contribuyeron a la realización de esta investigación. En especial se agradece al Departamento de Ingeniería Civil y Agrimensura de la Universidad de Puerto Rico y a la Autoridad para las Alianzas Público-Privadas de Puerto Rico por el apoyo institucional y financiero. Además, quieren resaltar el apoyo del personal del Centro de Investigación en Infraestructura Civil del Recinto Universitario de Mayagüez y de la Autoridad de Puertos de Puerto Rico.

REFERENCIAS

- Airports Cooperative Research Program - ACPR (2010). “Airport Passenger Terminal Planning and Design”, Report 25, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, DC.
- Airports Cooperative Research Program - ACPR (2011). “Passenger Level of Service and Spatial Planning”, Report 55, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, DC.
- American Society of Civil Engineers - ASCE (2009) “Guidance Principles for the Nation’s Critical Infrastructure”, ASCE Critical Infrastructure Guidance Task Committee, Reston, Virginia.
- American Society of Civil Engineers - ASCE (2009). “Report Card for America's Infrastructure”. Recuperado en abril de 2013 de: <http://www.infrastructurereportcard.org>.
- Banuchi, R. (2012). “JetBlue estrena el Terminal A del Aeropuerto Luis Muñoz Marín”, Periódico Primera Hora, Puerto Rico, 28 de junio de 2012, recuperado de: <http://www.elnuevodia.com/negocios/consumo/nota/jetblueestrenalaterminaladelaeropuertoluismunozmarin-1288962/>
- Desman Associates (2012). “Privatization of Luis Muñoz Marín International Airport”, recuperado en noviembre, 2012 del portal: <http://www.desman.com/work/privatization/privatization-of-luis-munoz-marin-international-airport.php>.
- Federal Aviation Administration - FAA (1988). “Planning and Design Guidelines for Airport Terminal Facilities”, Advisory Circular 150/5360-13, US Department of Transportation, Washington, DC.
- Vásquez, Y. y Cruzado, I. (2011). “Informe para la Evaluación de Infraestructura de Aeropuertos”, Informe Final, Autoridad para las Alianzas Público-Privadas, Puerto Rico.

